

Вимірюйте
усе доступне вимірюванню
й робіть недоступне вимірюванню
доступним.

Галілео Галілей

ISSN 2307-2180

Метрологія



Та прилади

№ 4(72), 2018

Науково-виробничий журнал

Засновники:

Академія метрології України,
Харківський національний
університет радіоелектроніки (ХНУРЕ),
Державне підприємство
«Всеукраїнський державний
науково-виробничий центр
стандартизації, метрології, сертифікації
та захисту прав споживачів»
(ДП «Укрметрестандарт»),
ТОВ Виробничо-комерційна
фірма «Фавор ЛТД»

Видається з березня 2006 року
Рік випуску тринадцятий
Передплатний індекс 92386

Головний редактор д. т. н., проф.
Володарський Є. Т.

Редакційна колегія:

Большаков В. Б., д. т. н., с. н. с.
Варша З., д. т. н., Польща
Величко О. М., д. т. н., проф.
Віткін Л. М., д. т. н., проф.
Грищенко Т. Г., д. т. н., с. н. с.
Гудрун В., д. т. н., Німеччина
Жагора М. А., д. т. н., проф., Білорусь
Захаров І. П., д. т. н., проф.
Зенкін А. С., д. т. н., проф.
Коломієць Л. В., д. т. н., проф.
Косач Н. І., д. т. н., проф.
Кошева Л. О., д. т. н., проф.
Крюков О. М., д. т. н., проф.
Кузьменко Ю. В., к. т. н.
Кухарчук В. В., д. т. н., проф.
Мачехін Ю. П., д. т. н., проф.
Назаренко Л. А., д. т. н., проф.
Народницький Г. Ю., д. т. н., с. н. с.
Несємаков П. І., д. т. н. доц.
Петришин І. С., д. т. н., проф.
Пістун Є. П., д. т. н., проф.
Радев Х., д. т. н., проф., Болгарія
Рожнов М. С., к. х. н., с. н. с.
Руженцев І. В., д. т. н., проф.
Самойленко О. М., д. т. н., проф.
Скубіс Т., д. т. н., проф., Польща
Сурду М. М., д. т. н., проф.
Туз Ю. М., д. т. н., проф.
Хакімов О., д. т. н., проф., Узбекистан
Чалий В. П., к. т. н., с. н. с.
Черепков С. Т., к. т. н., доц.
Чуновкіна А. Г., д. т. н., Росія

Редакційна група:

Заступник головного редактора
Фісун В. П.
Науковий редактор — відповідальний
секретар Винокуров Л. І.
Дизайнер-верстальник Зайцев Ю. О.

Журнал рекомендовано до друку
вченою радою ХНУРЕ
(протокол №2 від 30.08.2018)

Адреса редакції:

61002, Харків, вул. Куликівська, 11;
Тел.: (057) 706-00-36; (095) 00-68-665
E-mail: metrolog-prylady@ukr.net
http://www.amu.in.ua/journal1

Видавець та готувлювач:

ВКФ «Фавор ЛТД»
61140, Харків, пр-т. Гагаріна, 94-А, кв. 35;
Свідцтво про внесення
до Держреєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції
серія ХК № 90 від 17.12.2003.

Підписано до друку 05.07.2018.
Формат 60×84/8. Папір крейдований.
Ум. друк. арк. 8,43. Обл.-вид. арк. 7,13.
Друк офсетний. Тираж 400 прим.
Замовлення № 21.

© «Метрологія та прилади», 2018

Журнал зареєстровано
у Міністерстві юстиції України,
свідцтво
серія КВ № 22796-12696ПР
від 03.07.2017;
включено до Переліку наукових
фахових видань України, наказ
Міністерства освіти і науки України
№ 747 від 13.07.2015

Журнал включено до Міжнародної
наукометричної бази даних
Index Copernicus, лист від 08.03.2013

ВЕЛЬМИШАНОВНІ КОЛЕГИ-МЕТРОЛОГИ!

*Вітаю Вас зі значною подією у національній
метрології — 7 серпня Україна стала поряд з 59 країнами
світу повноправним членом Метричної конвенції —
міжнародної угоди, спрямованої на розвиток і підтримку
Національних метрологічних служб, Міжнародної
системи одиниць (SI).*

*Разом з Міжнародним бюро мір і ваг (BIPM) сподіваюсь
і впевнений, що «повноправне членство в Метричній
конвенції забезпечить визнання метрологічної системи
України, яка відповідає європейським вимогам, і дасть
можливість проводити звірення національних еталонів
України з національними еталонами 59 країн – членів
Метрологічної конвенції, що є обов'язковою умовою
для міжнародного визнання результатів вимірювань
і випробувань української продукції для її просування
на міжнародний ринок».*

Віце-президент Академії метрології України

В. Большаков

ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Сергієнко Р.

Дослідження тенденцій розвитку методів реалізації температурної шкали у рамках удосконалення Державного первинного еталона одиниці температури в діапазоні 1357,7 — 2800 К..... 3

TRENDS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

Sergiienko R.

The Study of Trends in the Development of Methods for Implementing the Temperature Scale in the Framework of Improving the State Primary Standard of the Temperature Unit in the Range 1357.7 — 2800 K

ЗВІРЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Самойленко О., Адаменко О., Калініченко В.

Методика та результати прямих звірень пересувних лазерних інтерферометрів *Renishaw* XL-80..... 15

VERIFICATION OF THE MEANS OF MEASURING EQUIPMENT

Samoylenko O., Adamenko O., Kalinichenko V.

The Method and the Results of the Direct Comparison of the Laser Interferometers Renishaw XI-80

ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ

Шабашкевич Б., Юр'єв В., Добровольський Ю., Докторович І., Шорок Є.

Фотометр для вимірювання малих рівнів освітленості 22

Неєжмаков П., Тимофеев Є., Ляшенко О.

Фотометр для вимірювання характеристик джерел світла зі спрямованим світлорозподілом..... 27

MEASURING INSTRUMENTS AND SYSTEMS

Shabashkevich B., Yuriev V., Dobrovolsky Yu., Doktorovich I., Shorok E.

Photometer for Measuring Low Light Levels

Neyezhnikov P., Tymofeiev E., Lyashenko O.

Photometer for Measuring the Characteristics of the Light Source with Directed Light Radiation

ПАРАМЕТРИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Яцук В., Матвій Р., Яцук Ю.

Аналіз метрологічних властивостей переносних калібраторів з коригуванням похибок 33

PARAMETERS AND CHARACTERISTICS

Yatsuk V., Matviiv R., Yatsuk Yu.

Metrological Properties Analysis of Portable Dc Voltage Calibrator with Errors Correction

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Леонов Г., Коваль В., Демченко А.

Метрологическое обеспечения измерений больших крутящих моментов силы 41

METROLOGICAL ASSURANCE

Leonov G., Koval V., Demchenko A.

Metrological Assurance of Large Torque Measurements

КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА

Горкунов Б., Львов С., Тамер Шибан, Борисенко Е.

Експериментальные исследования вихретокового преобразователя с пространственно-периодическими полями 45

CONTROL AND DIAGNOSTICS

Gorkunov B., Lvov S., Tamer Shaiban, Borysenko E.

Experimental Studies of an Eddy Current Transducer with Spatially Periodic Fields

МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ

Баранов Г., Габрук Р., Горішна І.

Тренажерне забезпечення моделювання процесів радіолокаційного зондування за виявлення цільових об'єктів за умов просторових шумів 51

METHODS AND PROCEDURES

Baranov G., Gabruk R., Gorishna I.

Simulator Software of Process Modeling of Radar Solution Under Action of Adaptive Detection of Target Objects in Conditions of Spacious Noise

ТОЧНІСТЬ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ

Матвієнко О., Шевченко А.

Проблеми точності вимірювань кривих на міжнародних транспортних коридорах України 56

ACCURACY AND RELIABILITY

Matvienko O., Shevchenko A.

Problems of Accuracy of Measurements of Curves on International Transport Corridors of Ukraine

ОЦІНЮВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ

Величко О., Гордієнко Т.

Узагальнене порівняння результатів оцінювання компетентності експертів з метрології..... 61

ASSESSMENT OF COMPETENCE

Gordienko T., Gordienko T.

Generalized Comparison of the Results of Evaluation of Experts Competence in the Field of Metrology

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Квєтний Р., Олесенко А.

Використання параметра інформаційної значимості пікселя в ентропійному критерії аналізу зображення 67

INFORMATION SYSTEMS

Kvyetnyy R., Olesenko A.

Using the pixel information value parameter in an entropy image analysis criterion

УДК 536.521

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ШКАЛИ У РАМКАХ УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА ОДИНИЦІ ТЕМПЕРАТУРИ В ДІАПАЗОНІ 1357,7 — 2800 К

**The Study of Trends in the Development
of Methods for Implementing the Temperature Scale
in the Framework of Improving
the State Primary Standard of the Temperature Unit
in the Range 1357.7 — 2800 K**

Р. Сергієнко, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник наукового центру
температурних і теплофізичних вимірювань,
Національний науковий центр «Інститут метрології»,
м. Харків,
e-mail: rymma.sergiyenko@metrology.kharkov.ua

R. Sergiienko, Candidate of Technical Sciences,
Senior Research Fellow, Scientific Center of Thermal
and Thermal Physical Measurements,
National Scientific Center «Institute of Metrology»,
Kharkiv
e-mail: rymma.sergiyenko@metrology.kharkov.ua

У рамках удосконалення Державного первинного еталона одиниці температури в діапазоні від 1357,7 до 2800 К (ДЕТУ 06-03-96) проведено роботи з дослідження та аналізу розвитку методів реалізації температурної шкали, на основі чого сформовано структурну схему первинного еталона ДЕТУ 06-03-96.

Within the framework of improving the state primary standard of the temperature unit in the range from 1357.7 to 2800 K, the work was carried out to study and analyze the development of methods for implementing the temperature scale, on the basis of which the structural scheme of the primary standard DETU 06-03-96 was formed.

Ключові слова: температурна шкала, первинний еталон, еталонний пірометр, реперна точка, випромінювач
Keywords: temperature scale, primary standard, standard pyrometer, fixed point, radiator

Державний первинний еталон одиниці температури за випромінюванням в діапазоні від 1357,7 К до 2800 К (ДЕТУ 06-03-96), який є верхньою ланкою схеми простежуваності для безконтактних засобів вимірювання температури в Україні, почав функціонувати у 1994 році. Очевидно, що за період експлуатації еталона світова метрологічна практика пройшла певний розвиток і має відповідні тенденції у питаннях реалізації температурної шкали в частині безконтактної термометрії, які, зокрема, зумовлені очікуваним перевизначенням одиниці температури. Для визначення напрямів удосконалення еталона ДЕТУ 06-03-96 та формування його оновленої структурної схеми, необхідно провести відповідні дослідження зазначених тенденцій розвитку методів реалізації температурної шкали.

Відповідно до Положення про Міжнародну температурну шкалу (МТШ-90) [1] одиниця температури в діапазоні вище температури тверднення срібла $T_{90}(\text{Ag}) = 1234,93 \text{ K}$ ($961,78 \text{ }^\circ\text{C}$) відтворюється оптичними методами на основі співвідношення, що випливає із закону Планка:

$$\frac{L_{\lambda}(T_{90})}{L_{\lambda}(T_{90}(x))} = \frac{\exp(c_2 / \lambda T_{90}(x)) - 1}{\exp(c_2 / \lambda T_{90}) - 1}, \quad (1)$$

де $T_{90}(x)$ — значення температури фазового переходу тверднення однієї з трьох реперних точок — срібла, золота ($T_{90}(\text{Au}) = 1337,33 \text{ K}$) або міді ($T_{90}(\text{Cu}) = 1357,77 \text{ K}$); $L_{\lambda}(T_{90})$ та $L_{\lambda}(T_{90}(x))$ — спектральні густини енергетичної яскравості випромінювання чорного тіла для довжини хвилі λ (у вакуумі) за температур T_{90} та $T_{90}(x)$ відповідно; $c_2 = 0,014388 \text{ м} \cdot \text{К}$. Отже, процес побудови температурної шкали у сфері безконтактної термометрії ґрунтується на здійсненні стану термодинамічної рівноваги між твердою



Р. Сергієнко

УДК 389.62.1:681.787.7

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРЯМИХ ЗВІРЕНЬ ПЕРЕСУВНИХ ЛАЗЕРНИХ ІНТЕРФЕРОМЕТРІВ *RENISHAW XL-80*

THE METHOD AND THE RESULTS OF THE DIRECT COMPARISON OF THE LASER INTERFEROMETERS *RENISHAW XL-80*

О. Самоїленко, доктор технічних наук, професор,
директор науково-виробничого інституту
геометричних, механічних та віброакустичних
вимірювань,
E-mail: asam@ukrcsm.kiev.ua

О. Адаменко, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник відділу
геометричних вимірювань,
E-mail: adamaleksandr@i.ua

ДП «Укрметрестандарт», м. Київ,

В. Калиніченко, начальник науково-виробничого
відділу прикладної метрології вимірювань
геометричних величин та неруйнівного контролю,
E-mail: 030@mtl.kharkov.nua
ДП «Харківстандартметрологія»

O. Samoilenko, Doctor of Technical Sciences, professor,
Director of Research and production institute
of geometrical, mechanical
and vibro-acoustical measurements,
E-mail: asam@ukrcsm.kiev.ua

O. Adamenko, Candidate of Technical Sciences,
Senior Research Fellow of the Geometry Measurement
Department,
E-mail: adamaleksandr@i.ua

SE «Ukrmetrteststandart», Kyiv,

V. Kalynichenko, Head
of the Research and Production
Metrology Department
of Geometrical Measurements
and Non-Destructive Testing,
E-mail: 030@mtl.kharkov.nua
SE «Kharkivstandartmetrologiia»

Розроблено методику прямих звірень лазерних інтерферометрів та методику опрацювання їх результатів за методом найменших квадратів (МНК). За МНК оцінюється адитивна складова похибки вимірювань кожною парою інтерферометрів та мультиплікативна складова похибки для кожного інтерферометра, а також оцінюється їх невизначеність за типом А. Наведено результати опрацювання звірень трьох інтерферометрів.

The method of the direct comparison of the laser interferometers and method processing of the interferometry measurement results by the least square method (LSM) is present. The additive part of the measurement error for each pair of the interferometers is evaluated and the multiplicative part of the measurement error for each interferometer is evaluated too by LSM. Uncertainty by A tape by LSM is evaluated for all parameters. Results of the comparison of the three interferometers are presented.

Ключові слова: інтерферометр, еталон, звірення, метрологічні характеристики, адитивна та мультиплікативна складові похибки, стандартне відхилення, невизначеність.

Keywords: interferometer, measuring standard, comparison, metrological characteristics, additive and multiplicative constituents of error, standard deviation, uncertainty.

Пересувні інтерферометри отримали широке застосування у промисловості. Великий, але не вичерпний перелік об'єктів і методів застосування наведено на сайті фірми-виробника інтерферометрів Renishaw [1]. Сфера застосування інтерферометричних методів вимірювання дозволяє досягти найбільш точних результатів вимірювання параметрів різноманітних об'єктів, пов'язаних зі зміною геометрії, переміщень чи напрямку [2]. Найбільш поширені системи лазерних інтерферометрів побудовані на застосуванні одночастотного чи двочастотного лазерів, що мають зовнішню або внутрішню модуляцію лазерного випромінювання, з метою їх стабілізації, підвищення точності та надійності [3]. У метрології інтерферометри отримали широке застосування в процесах калібрування лазерних трекерів, екстензометрів, калібраторів, автоколіматорів, рулеток тощо. При цьому висока точність вимірювань



О. Самоїленко



О. Адаменко



В. Калиніченко



Б. Шабашкевич, кандидат технічних наук, директор, ТОВ «Науково-виробнича фірма «Тензор», м. Чернівці,

e-mail: td_tenzor@ukr.net

В. Юр'єв, інженер, ВАТ ЦКБ Ритм, м. Чернівці,

e-mail: butyur@rambler.ru

Ю. Добровольський, доктор технічних наук, доцент, Чернівецький національний університет (ЧНУ) ім. Юрія Федьковича,

e-mail: yuriydrq@ukr.net;

заступник директора, ТОВ «Науково-виробнича фірма «Тензор»,

e-mail: td_tenzor@ukr.net

І. Докторович, інженер, ВАТ ЦКБ Ритм, м. Чернівці,

e-mail: butyur@rambler.ru

Є. Шорок, студент, ЧНУ ім. Юрія Федьковича, e-mail: e.olegovich.shrk@gmail.com

B. Shabashkevich, Candidate of Technical Sciences, director, Limited Liability Company «Scientific and Production Company «Tensor», Chernivtsi e-mail: td_tenzor@ukr.net

V. Yuriev, engineer, Open Joint-Stock Enterprise «Central Design Bureau Ritm», Chernivtsi, e-mail: butyur@rambler.ru

Yu. Dobrovolsky, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Yuri Fedkovych Chernivtsi National University, e-mail: yuriydrq@ukr.net

Deputy Director, Limited Liability Company «Scientific and Production Company «Tensor», Chernivtsi,

e-mail: td_tenzor@ukr.net

I. Doktorovich, Engineer, Open Joint-Stock Enterprise «Central Design Bureau Ritm», Chernivtsi, e-mail: butyur@rambler.ru

E. Shorok, student, Yuri Fedkovych Chernivtsi National University, e-mail: e.olegovich.shrk@gmail.com

Проаналізовано сучасні люксметри і наведено результати розроблення люксметра з динамічним діапазоном у десять порядків та методики дослідження його метрологічних характеристик, згідно з якими нелінійність енергетичної характеристики чутливості люксметра не перевищує $\pm 0,7\%$ в діапазоні освітленостей $(1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^2)$ лк, а межі допустимої основної відносної похибки вимірювання освітленості не перевищують $\pm 5\%$.

Modern lightmeters are analyzed and the results of the development of a luxmetre with a dynamic range of ten orders and the methods of studying its metrological characteristics are presented, according to which the nonlinearity of the energy characteristic of the sensitivity of the luxmetre does not exceed $\pm 0,7\%$ in the range of illumination $(1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^2)$ lux, and the limits of the permissible basic relative error of measuring the illumination do not exceed $\pm 5\%$.

Ключові слова: люксметр, освітленість, нелінійність, похибка, динамічний діапазон, фотодіод.

Keywords: light meter, illumination, nonlinearity, error, dynamic range.

Сучасна техніка і природне середовище ставлять перед світлотехнікою ряд завдань, які у цілому полягають у необхідності вимірювання надзвичайно малих світлових потоків. Зокрема, це освітленість доріг у нічний час (до 0,5 лк [1]), яскравість люмінесцентних джерел світла (до 0,2 кд/м² [1]), визначення поняття «ніч» з точки зору фотометрії (2 · 10⁻⁴ лк [2]), вимірювання питомого коефіцієнта сили світла світлоповертаючих матеріалів (до 10⁻⁴ лк [3]) та багато інших.

Для вимірювання таких малих рівнів освітленості існують певні прилади, зокрема, яскравомір ЯРМ-3, діапазон вимірювання освітленості якого складає від

5 · 10⁻⁴ до 5 · 10⁸ лк за величини відносної похибки, не більшої за 8 % [4], вартість якого відповідає його широкому динамічному діапазону (~ 3000 \$); або фотометр Екотензор-03, який у вдосконаленій версії здатний забезпечувати вимірювання освітленості в діапазоні від 10⁻³ до 2 · 10⁵ лк [5—7] за ціни близько 600 €. Також існує люксметр низьких рівнів освітленості, що входить до складу установки для вимірювання питомого коефіцієнта сили світла світлоповертаючих матеріалів, діапазон вимірювання освітленості якої складає (10⁻⁵ — 10³) лк [8].

Зауважимо, що для вимірювання малих рівнів освітленості потрібні первинні перетворювачі з

УДК 535.24

ФОТОМЕТР ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ЗІ СПРЯМОВАНИМ СВІТЛОРОЗПОДІЛОМ

**Photometer for Measuring
the Characteristics
of the Light Source
with Directed Light Radiation**

П. Неєжмаков, доктор технічних наук,
генеральний директор,
E-mail: pavel.neyezhnikov@metrology.kharkov.ua

Є. Тимофеев, доктор технічних наук,
провідний науковий співробітник,
Національний науковий центр «Інститут метрології»,
м. Харків

E-mail: evgen.timofeev@metrology.kharkov.ua

О. Ляшенко, старший викладач,
Харківський національний університет міського
господарства ім. О.М. Бекетова,
E-mail: happy.light9574@gmail.com

P. Neyezhnikov, Doctor of Technical Sciences,
General Director,

e-mail: pavel.neyezhnikov@metrology.kharkov.ua

E. Tymofeev, doctor of technical sciences,
leading researcher,
National Scientific Center «Institute of Metrology»,
Kharkiv,

e-mail: evgen.timofeev@metrology.kharkov.ua

O. Lyashenko, senior lecturer,
Kharkiv National University
of Municipal Economy
named after O.M. Beketov,
e-mail: happy.light9574@gmail.com

Запропоновано метод вимірювання характеристик джерел світла зі спрямованим світлорозподілом, заснований на застосуванні безлічі вимірювачів, розміщених у площині, перпендикулярній основному напрямку поширення випромінювання джерела. На основі цього методу розроблено фотометр для вимірювання характеристик спрямованих джерел світла, який дозволяє оперативну, в режимі реального часу визначити характеристики випромінювачів.

The accuracy of the measurement of the main photometric characteristic of the emitter determines the error for determining the total light flux of the light sources, especially light emitting diodes, for which it should not exceed 5 per cent. Existing measurement methods with the use of integrated spheres, goniophotometers and goniophotometers of the near field require a great deal of time and have

a great deal of value. To eliminate these shortcomings, a method for measuring the characteristics of light sources with directed light distribution is proposed based on the use of a set of meters located in a plane perpendicular to the main direction of the source radiation propagation. On the basis of this method, a photometer for measuring the characteristics of the directional light sources is developed, which allows to quickly, in real time, determine the characteristics of the emitters. The method of determining the parameters of light distribution of directed sources of light for the construction of its photometric body is not required to use a rotary means. Taking into account the significant influence of temperature fluctuations on the characteristics of LED light sources, it is possible will upgrade the proposed method for determining the photometric body of the radiation source in real time and when the temperature changes due to the introduction of additional elements in the future.

Ключові слова: фотометричне тіло, фотометр, світловий потік, просторовий розподіл випромінювання.
Keywords: photometric body, photometer, light flux, spatial distribution of radiation.

Характеристика світлорозподілу світлодіодів на відміну від традиційних джерел світла є апіорно спрямованою. У зв'язку з широким упровадженням світлодіодів у системи освітлення і підсвічування завдання вимірювання характеристик джерел світла зі спрямованим світлорозподілом стає все більш актуальним. Однією з найбільш важливих характеристик будь-якого джерела випромінювання є фотометричне тіло, від точності вимірювання якого залежить похибка розрахунків значень світлового потоку і коефіцієнта його використання за вирішення різних технічних завдань: визначення основних технічних параметрів світлових приладів у процесах їх розроблення, оцінювання відповідності нормованих кількісних характеристик



П. Неєжмаков



Є. Тимофеев



О. Ляшенко

УДК 621.317.727; 681.2.089; 53.088.7

АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕРЕНОСНИХ КАЛІБРАТОРІВ З КОРИГУВАННЯМ ПОХИБОК

Metrological Properties Analysis of Portable Dc Voltage Calibrator with Errors Correction

В. Яцук, доктор технічних наук, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій,
e-mail: vyatsuk@lp.edu.ua
Р. Матвій, аспірант кафедри,
e-mail: rmatviyiv@gmail.com
Ю. Яцук, кандидат технічних наук, доцент,
e-mail: jazuk.jurij@gmail.com
Національний університет «Львівська політехніка»

V. Yatsuk, Doctor of Technical Sciences, professor of Department of Information and Measurement Technology,
e-mail: vyatsuk@lp.edu.ua
R. Matviiv, postgraduate student of the department,
e-mail: rmatviyiv@gmail.com
Yu. Yatsuk, Candidate of Technical Sciences, docent,
e-mail: jazuk.jurij@gmail.com
Lviv Polytechnic National University,

Показано, що для оперативного контролювання та віддаленого калібрування вимірювальних каналів доцільно використовувати калібратори напруги постійного струму з автоматичним коригуванням похибок за методом подвійного комутаційного інвертування та усередненням вихідної напруги фільтром низької частоти. Проведено порівняння динамічних та метрологічних характеристик калібраторів напруги з одно- та двопівперіодним демодулюванням та запропоновано операторні та часові математичні моделі. Здійснено комп'ютерне моделювання обох структур калібраторів напруги в режимах ручного та автоматичного керування. Описано результати експериментальних досліджень макета калібратора напруги з однопівперіодним демодулюванням та усередненням активним фільтром низької частоти. Подано висновки стосовно хорошої збіжності експериментальних результатів з теоретичними припущеннями, нескориговане значення адитивних зміщень в ручному режимі керування не перевищувало ± 1 мкВ. Установлено певну частотну залежність нескоригованого значення адитивних зміщень виготовленого макета та визначено, що її мінімальне значення є на частоті біля 1,2 кГц. Обговорено умови практичної реалізації калібратора напруги постійного струму з автоматичним коригуванням адитивних зміщень запропонованим методом комутаційного інвертування в базисі програмованих систем на чіпі. Наголошено, що у подальшому це дозволить коригувати й мультиплікативні та додаткові похибки під час відтворення напруги постійного струму малих значень за робочих умов експлуатації.

It is shown that, it is expedient to use a DC voltage calibrator with automatic error correction by double switching inverting method and averaging the output voltage with a low frequency filter for operational monitoring and remote calibration of measuring channels was shown in this paper (Figure 1). A comparison of the dynamic and metrological characteristics of DC voltage calibrators with single- and two-period demodulation has been carried out and operator and time mathematical models have been proposed (Figure 2). Computer simulation of both structures of voltage calibrators in manual and automatic control modes was carried out. The results of experimental studies of a DC voltage calibrator model with single-phase demodulation and averaging by an active low frequency filter are described (Figure 3). Conclusions about the good convergence of experimental results with theoretical assumptions were made; the unadjusted value of the additive displacements in the manual control mode did not exceed ± 1 μ V. A certain frequency dependence of the additive displacements unadjusted value of the made model has been established and it is determined that its minimum value is at a frequency near 1.2 kHz. Conditions of practical realization of a DC voltage calibrator with automatic correction of additive displacements by the proposed method of switching inverting in the basis of programmable systems on a chip are discussed. Emphasized that in the future it will also adjust the multiplier and additional errors during the reproduction of DC voltage small values in working conditions.

The scientific results, presented in this article, were obtained in the frame of research project number 0115U000446, 01.01.2015 - 31.12.2017, financially supported by the Ministry of Education and Science of Ukraine.



В. Яцук



Р. Матвій



Ю. Яцук

Ключові слова: калібратори напруги постійного струму, оперативне контролювання на місці експлуатації, автоматичне коригування похибок, метод подвійного комутаційного інвертування.

Keywords: DC voltage calibrator, operational control in situ, automatic correction of errors, dual switching inverting method.

УДК 389.64:531.789.1

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ БОЛЬШИХ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ СИЛЫ

Metrological Assurance of Large Torque Measurements

Г. Леонов, ведущий инженер,
В. Коваль, заместитель начальника отдела,
А. Демченко, начальник отдела,
ГП «Укрметртестстандарт», г. Киев,
e-mail: sila@ukrcsm.kiev.ua

G. Leonov, leading engineer,
V. Koval, deputy head of department,
A. Demchenko, head of department,
SE «Ukrmetrteststandart», Kiev,
e-mail: sila@ukrcsm.kiev.ua

Изложены проблемы метрологического обеспечения измерения больших крутящих моментов силы, воспроизводимых гидравлическими моментными ключами и гайковертами.

Описана методика и процедура калибровки стенда PLARAD для калибровки гидравлических ключей до 10000 Н·м на установке, разработанной авторами статьи.

Приведены результаты калибровки стенда.

The problems of metrological assurance for large torque measuring, reproduced by hydraulic torque wrenches and screwdrivers, are considered.

The authors developed the system, principles and procedures for calibrating the PLARAD device, used for calibration of hydraulic torque wrenches up to 10000 N·m.

The results of the PLARAD device calibration are presented.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, крутящий момент силы, калибровка, гидравлический моментный ключ, гайковерт.

Keywords: metrological assurance, torque, calibration, hydraulic torque wrench, screwdriver.

Резьбовые соединения — самый распространенный вид соединений элементов механизмов и конструкций. Плотность соединения, как правило, регламентируется в технологической документации. Принятая в прежние времена «затяжка до упора» ушла в прошлое. Для нормированной затяжки соединений широко применяются моментные (динамометрические) ключи и гайковерты. Относительная погрешность воспроизведения заданного крутящего момента современными моментными ключами не выходит за пределы $\pm 4\%$. Для поверки (калибровки) таких моментных ключей в ГП «Укрметртестстандарт» разработаны и широко внедрены в практику калибровочные установки УПМК с верхним пределом измерений до 2000 Н·м [1—3]. Также хорошо известны установки для калибровки моментных ключей зарубежных производителей *Stahlwille*, *Gedore*, *NORBAR*, *HAZET* [4—7].

Для затяжки мощных болтовых соединений, применяемых в энергетике, нефтегазовой промышленности и тяжелом машиностроении, в начале 60-х годов 20-го столетия были созданы первые конструкции гидравлических моментных ключей и гайковертов. За прошедшие десятилетия они получили стремительное развитие и сегодня являются одними из самых инновационных и высокотехнологичных инструментов.

Их отличает возможность создания крутящего момента (более 100 000 Н·м) и высокая прочность при минимальной собственной массе и очень компактных габаритах, позволяющих работать в ограниченном пространстве. Следует обратить внимание,



Г. Леонов



В. Коваль



А. Демченко

УДК 620.179.14

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПРОСТРАНСТВЕННО- ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ

**Experimental Studies
of an Eddy Current Transducer
with Spatially Periodic Fields**

Б. Горкунов, доктор технических наук,
профессор кафедры информационно-измерительных
технологий и систем,
E-mail: b.gorkunov51@gmail.com

С. Львов, кандидат технических наук,
доцент кафедры,
E-mail: sgl8ntu@gmail.com

Шибан Тамер, аспирант кафедры,
E-mail: b.gorkunov51@gmail.com

Е. Борисенко, кандидат технических наук,
доцент кафедры,
E-mail: 4borisea@gmail.com

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,

B. Gorkunov, Doctor of Technical Sciences,
Professor of Information and measuring technologies
and systems Department,
E-mail: b.gorkunov51@gmail.com

S. Lvov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department,
E-mail: sgl8ntu@gmail.com

Shaiban Tamer, Postgraduate of the Department,
E-mail: b.gorkunov51@gmail.com

Y. Borysenko, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department,
E-mail: 4borisea@gmail.com

National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute»

Проведен сравнительный анализ экспериментально полученных и расчетных значений суммарных ЭДС измерительных обмоток преобразователя с пространственно-периодическими полями при помещении в него магнитных и немагнитных изделий. Результаты работы свидетельствуют о хорошем совпадении расчётных и экспериментально полученных значений ЭДС преобразователя. Так, для измерительных обмоток, расположенных с угловыми координатами $\varphi = 30^\circ$ и 60° , расхождение значений ЭДС составило не более 10 %.

The purpose of this study is to perform a comparative analysis of the experimentally obtained and calculated values of the measuring windings total EMF amplitudes of the eddy current transducer with spatially periodic fields when magnetic and nonmagnetic cylindrical product are placed in it. To realize this goal in the work, a transducer

with translational symmetry of excitation magnetic field has been developed.

Translation symmetry typical example is the field of a long current conductor. The paper considers quasi-static electromagnetic field with the wavelength that exceeds characteristic transverse dimensions of conductor and cylinder.

As the study result it is seen a satisfactory coincidence of the calculated and experimentally obtained values of the EMF of the transducer output signal in the cases of the product absence and with variety of products. As for example for measuring windings with angular coordinates $\varphi = 30^\circ$ and 60° an error of voltage values difference is less than 10%.

The study shows that the advantage of such transducers while operating on one fixed frequency is capability to perform the multiparameter testing on account of processing of certain amount of some spatial harmonics of excitation field.

Ключевые слова: пространственно-периодические поля, вихретоковый преобразователь, магнитные и немагнитные цилиндрические изделия, многопараметровый контроль.

Keywords: spatially periodic fields, eddy current transducer, magnetic and nonmagnetic cylindrical products, multiparameter testing.

Все усложняющиеся задачи по повышению качества промышленной продукции, надежности объектов требуют дальнейшего совершенствования методов и средств контроля и диагностики. Ряд новых задач не поддается решению стандартными методами контроля. Любое повышение безопасности достигается за счет необходимого дополнительного увеличения расходов. Применение систем контроля и диагностики удорожает продукцию при выпуске

и эксплуатации, однако их использование на всех стадиях изготовления, проверки и эксплуатации существенно повышает надежность изделий, обеспечивая, в конце концов, громадный в масштабе страны экономический выигрыш.

К основным особенностям современных систем контроля относятся значительное увеличение числа проверяемых параметров (многофункциональность) и повышение производительности контрольных

УДК 621.391.83

ТРЕНАЖЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗА ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЬОВИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА УМОВ ПРОСТОРОВИХ ШУМІВ

**Simulator Software of Process Modeling of Radar Solution
Under Action of Adaptive Detection of Target Objects
in Conditions of Spacious Noise**

Г. Баранов, доктор технічних наук, професор кафедри інформаційних систем і технологій, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net

Р. Габрук, кандидат технічних наук, докторант, Національний університет «Одеська Морська Академія», e-mail: grostyslav@yahoo.com

І. Горішна, директор ТОВ «Оверсіз Лоджистік», м. Одеса, e-mail: troiccaya@gmail.com

G. Baranov, Doctor of Technical Sciences, professor of Department, National Transport University, Kiev, e-mail: olenakomisarenko@ukr.net

R. Gabruk, Candidate of Technical Sciences, doctoral student, National University «Odessa Maritime Academy», e-mail: grostyslav@yahoo.com

I. Gorishna, director Overseas Logistic LLC, Odessa, e-mail: troiccaya@gmail.com

Розглянуто методи оптимізації просторо-во-часового опрацювання сигналів для повного або ж часткового подавлення небажаних бічних пелюстків завад. Здійснено удосконалення методики роботи пари «сигнал-фільтр» з використанням ітераційної процедури для максимізації відношення сигнал/шум та проведено імітаційну перевірку розробленої методики. З метою тренування операторів згідно з програмами навчання запропоновано алгебраїчні вирази. Математичні моделі реалізовано у середовищі програмування Matlab.

In this paper are considered methods for optimizing spatio-temporal signal processing for the complete or partial suppression of unwanted side lobes of interference. The method of operation of the signal-filter pair was perfected using an iterative procedure to maximize the signal-to-noise ratio. Simulated verification of the developed technique was carried out. In order to train operators according to training programs, algebraic expressions are proposed. Mathematical models are implemented in Matlab programming environment.

Ключові слова: просторо-во-часове опрацювання, оптимізація, тренажерна процедура, відношення сигнал/шум.
Keywords: space-time processing, optimization, training procedure, signal-to-noise ratio.

Одним із напрямів підвищення якості функціонування радіотехнічних систем є вдосконалення наявних технологій опрацювання радіосигналів та впровадження нових методів, пов'язаних з урахуванням атмосферного впливу. На сучасному етапі розвитку радіолокаційного приладобудування одним із напрямів є створення перспективних радарів. Бортова радіолокаційна станція (РЛС) є однією з найважливіших елементів радіоелектронного обладнання сучасного літального апарата та авіаційного тренажера; на екрані електронно-променевої трубки РЛС забезпечують візуальну інформацію, яка імітує динаміку цільових об'єктів.

На сьогодні авіаційно-космічні рухомі об'єкти неможливі без радарів. Наявність на борту літального апарата радіотехнічних засобів, що забезпечують панорамний огляд місцевості незалежно від оптичної видимості, докорінно покращує умови, наприклад, літаководіння і повноту досягнення цільових результатів за різної навігаційної обстановки, набагато підвищують навички людини-операторів, точність і надійність професійних дій за умов, наближених до натурних.

Коли в бортових РЛС здійснюється прийом відбитого радіолокаційного сигналу від земної поверхні або від усіх об'єктів, що містяться нижче літака, тоді погіршується



Г. Баранов



Р. Габрук



І. Горішна

УДК 625.11

ПРОБЛЕМИ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ КРИВИХ НА МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРАХ УКРАЇНИ

**Problems of Accuracy
of Measurements of Curves
on International Transport
Corridors of Ukraine**

О. Матвієнко, кандидат технічних наук, заступник начальника відділу проектування та маркетингу, ТОВ «Геологія і стандартизація», м. Харків, e-mail: Anna112358@mail.ru

А. Шевченко, кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, e-mail: Annshevc@gmail.com

A. Matvienko, candidate of technical sciences, deputy head of design and marketing department, LLC Geology and Standardization, Kharkiv, e-mail: Anna112358@mail.ru

A. Shevchenko, candidate of technical sciences, associate professor, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, e-mail: Annshevc@gmail.com

Представлено аналіз плану лінії на кривих і прямих ділянках міжнародних транспортних коридорів, розрахунки за методикою врахування точності вимірювань за швидкісного та високошвидкісного рухах, підтверджена необхідність урахування обсягів робіт, витрат на перебудову кривих і економію енергетичних ресурсів для встановлення раціональних параметрів плану відповідно до заданих рівнів максимальної швидкості.

The analysis of the line layout on curves and straight sections of international transport corridors, calculations based on the accuracy measurement method for rapid and high-speed traffic, confirmed the need to take into account the scope of work, the cost of reconstructing curves and saving energy resources to establish rational layout parameters in accordance with a specified level of maximum speed.

Ключові слова: геоінформаційні системи, метод стріл, вимірювання кривих, план лінії, вимірювання радіусів, міжнародні транспортні коридори, колієвимірвальні вагони, мобільне лазерне сканування.

Keywords: geoinformation systems, arrow method, curve measurement, line layout, radius measurement, international transport corridors, trackwagons, mobile laser scanning.

Міжнародний транспортний коридор (МТК) — це високотехнологічна транспортна система, яка концентрує на генеральних напрямках транспорт загального користування (залізничний, автомобільний, морський, трубопровідний) і телекомунікації.

МТК найбільш ефективно функціонує за умов преференційного режиму, включаючи єдиний митний або економічний простір. Концентрація матеріальних, фінансових та інформаційних потоків, у поєднанні з високою якістю експедиторського обслуговування, забезпечують прискорення оборотності капіталу, синхронізації проходження товарів, платіжних та інших документів[1, 3, 4].

Найбільш широкий розвиток отримали Пан-Європейські транспортні коридори. Тому, незалежно від географічного положення, ці транспортні коридори також іноді називають критськими або гельсінкськими коридорами.

Система транспортних коридорів містить 10 коридорів, названих критськими, з 18 відгалуженнями.

Із 10 міжнародних транспортних коридорів територією України проходять чотири:

- МТК № 3: Брюссель — Ахен — Кельн — Дрезден — Вроцлав — Катовіце — Краків — Львів — Київ (рис. 1);



О. Матвієнко



А. Шевченко

УДК 621.317.1

УЗАГАЛЬНЕНЕ ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЕКСПЕРТІВ З МЕТРОЛОГІЇ

**Generalized Comparison
of the Results of Evaluation
of Experts Competence
in the Field of Metrology**

О. Величко, доктор технічних наук,
директор науково-виробничого інституту,
ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ
e-mail: velychko@ukrcsm.kiev.ua

Т. Гордієнко, доктор технічних наук,
завідувач кафедри,
Одеська державна академія технічного
регулювання та якості,

O. Velychko, Doctor of Technical Sciences,
Director of the Scientific-Production Institute,
SE «Ukrmetrteststandard», Kyiv,
e-mail: velychko@ukrcsm.kiev.ua

T. Gordienko, Doctor of Technical Sciences,
Head of the department,
Odessa State Academy of Technical
Regulation and Quality

Представлено результати дослідження наявних методів і засобів оцінювання компетентності експертів з метрології за встановленими критеріями. Результати опрацьовано за допомогою спеціальних методик і програмних засобів з урахуванням невизначеності даних та застосуванням методу аналітичної ієрархії. Проведено порівняльний аналіз отриманих результатів з метою оцінювання збіжності та придатності методів.

The article presents the results of research of known methods and methods for assessing the competence of experts in the field of metrology according to established criteria. The results are processed using special techniques and software tools, taking into account the uncertainty of the data and the application of the analytical hierarchy method. A comparative analysis of the results is carried out to assess the convergence and suitability of the methods.

Ключові слова: компетентність, експерт, критерії оцінювання, невизначеність даних, аналітична ієрархія, метрологія.

Keywords: competence, expert, evaluation criteria, data uncertainty, analytical hierarchy, metrology.

Для ухвалення обґрунтованих рішень у будь-якій сфері діяльності необхідно спиратися на досвід, знання та інтуїцію фахівців. З цією метою проводять групові експертні оцінювання — процедури отримання оцінки певної проблеми на основі думки фахівців (експертів) з метою подальшого ухвалення рішення. Для отримання таких оцінок необхідно перш за все коректно підходити до відбору експертів у певній сфері діяльності. Урахування компетентності експертів має підвищити достовірність проведення експертного оцінювання.

Важливо із великої різноманітності експертних методів виділити та удосконалити під конкретні потреби у певній сфері найбільш важливі. З цією метою необхідно здійснити порівняльний аналіз для оцінювання придатності методів. Саме такі методи застосовані авторами в процесі проведення досліджень з питань підвищення ефективності складних систем у сфері технічного регулювання, зокрема, у стандартизації та метрології [1, 2].

На сьогодні необхідність та важливість технічного регулювання, зокрема, у сфері метрології, не викликає сумнівів. З глобалізацією ринків, збільшенням кількості учасників торговельних відносин, розширенням і ускладненням виробництва її роль суттєво зростає. Національна інфраструктура якості останніми роками зазнає трансформацій та суттєвих змін, а подальший розвиток характеризуватиметься значним посиленням міжнародної та регіональної співпраці. Для виявлення та подальшого



О. Величко



Т. Гордієнко

УДК 004.921

ВИКОРИСТАННЯ ПАРАМЕТРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЗНАЧИМОСТІ ПІКСЕЛЯ В ЕНТРОПІЙНОМУ КРИТЕРІЇ АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕННЯ

**Using the pixel information value parameter
in an entropy image analysis criterion**

Р. Кветний, доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри автоматики та інформаційно-
виміральної техніки,
e-mail: rkvetny@sprava.net

А. Олесенко, аспірант, асистент кафедри,
e-mail: olesenkoalla@gmail.com
Вінницький національний технічний університет

R. Kvyetnyy, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of Automatics and Information-Measuring
Techniques Department,
e-mail: rkvetny@sprava.net

A. Olesenko, Postgraduate Student,
Assistant of Department,
e-mail: olesenkoalla@gmail.com
Vinnytsia National Technical University

Розроблено та досліджено ентропійний критерій аналізу зображення на його відповідність методу RLE-компресії. Проаналізовано колірну модель Lab і метрику оцінки колірної відстані CIEDE1976. Уведено параметр інформаційної значимості пікселя, який базується на зазначеній вище метриці та дозволяє оцінити важливість суміжного пікселя з точки зору інформації, яка ним вноситься, відносно до попереднього пікселя. Розроблено модифікований ентропійний критерій аналізу зображення з урахуванням параметра інформаційної значимості пікселя. Перевірено адекватність запропонованого критерію на вибірці стандартних тестових зображень і доведено доцільність його використання.

The work is devoted to the development and research of the entropy criterion of image analysis on its corresponding to the method of RLE-compression. The Lab color model and the CIEDE1976 color estimation metric have been analyzed. The pixel information importance parameter has been introduced, which is based on the above described metric and allows us to estimate the importance of the adjacent pixel taking into consideration the information it introduces in relation to the previous pixel. The modified entropy image analysis criterion has been developed taking into account the pixel's information importance parameter. The adequacy of the proposed criterion has been checked on the sample of standard test images and the feasibility of its use has been proved.

Ключові слова: ентропія, критерій, параметр, піксель, зображення, колірна модель, колірна відстань, Lab, RLE.

Keywords: entropy, criterion, parameter, pixel, image, color model, color distance, Lab, RLE.

Стрімкий розвиток та поширення інформації є однією з найактуальніших проблем сучасного суспільного прогресу. Розвиток сучасних інформаційних систем і мереж неможливий без використання цифрових зображень. Фактично, більшість технічних галузей, які стосуються отримання, опрацювання, зберігання й передавання інформації, значною мірою орієнтуються на розроблення та розвиток систем, у яких інформацію представлено у виді зображень. Завдання цифрового опрацювання зображень (ЦОЗ), в основному, полягають у роботі з кольоровими зображеннями. Отже, проблема стиснення кольорових зображень, яка існує вже достатньо тривалий проміжок часу, не втрачає своєї актуальності. Стиснення зображень (СЗ) важливе для підвищення ефективності опрацювання зображень і для використання інформаційно-обчислювальних ресурсів технічних систем.

Компресія зображень вже давно не розглядається як суто теоретичне завдання. Вона стала повсякденною практикою, яка потребує постійної уваги до економічних характеристик і можливостей реального апаратного забезпечення. Проблеми передавання зображень за каналами зв'язку низької швидкості, а також проблеми опрацювання й перегляду великих за розміром зображень на робочих станціях низької потужності роблять вимоги до алгоритмів СЗ більш жорсткими. Тому актуальним є завдання розроблення нових ефективних алгоритмів стиснення для їх практичної реалізації



Р. Кветний



А. Олесенко